

EUROMOLD 2008 – svjetski sajam broj 1 za brzu proizvodnju, alatničarstvo i razvoj proizvoda*

15. sajam *EuroMold 2008*, koji se tradicionalno održava u frankfurtskome sajamskom centru, zatvoren je 6. prosinca 2008. Tijekom četiri dana održavanja *EuroMold* su obišla 58 842 posjetitelja iz 87 zemalja. Pri tome je udio domaćih (njemačkih) posjetitelja porastao za 4,4 %, a zabilježeno je i znatno povećanje broja inozemnih posjetitelja u usporedbi s izložbom *EuroMold 2007*, što dokazuje da je taj sajam prepoznat kao najvažnija svjetska izložba za područje brze proizvodnje tvorevina i alatničarstvo te razvoj novih proizvoda.

Priredba *EuroMold 2008* zabilježila je ponovno uspjeh, unatoč globalnoj krizi. Dapače, prema mišljenju izvijestitelja, ta je kriza čak pobudila interes za priredbu, što se moglo primijetiti po prisutnosti izlagača koji su u prošlosti, inače, počeli zaobilaziti taj događaj. Naime, na nekoliko prošlih priredbi sajam je sve manje imao karakter alatničarskog sajma, a sve više postajao *rapid* ili *virtual*. Priredba iz 2008., međutim, iznenadila je brojem tvrtki koje se bave izradom alatnih strojeva (gotovo svi renomirani svjetski proizvođači obradnih centara bili su u Frankfurtu), ali i alatnica koje su na sajam došle izlagati i sklapati poslove. Jedan od vjerojatnih razloga takve slike je i globalna svjetska kriza, koja je potaknula mnoge da na priredbi *EuroMold* potraže novi posao koji će olakšati opstanak u vjerojatno vrlo teškoj 2009. To se odnosi i na izlagače i na posjetitelje. Time je potvrđena jedna iskustvena misao nestora alatničarstva u Hrvatskoj, počasnog člana DPG-a Julija Čatića, kako u vrijeme kriza najbolje ide alatničarima jer ljudi traže nove proizvode koje mogu prodati.

Opći podaci

Na sajmu *EuroMold 2008* izlagala su, na površini većoj od 75 000 m², 1 523 izlagača iz 38 zemalja, a posjetila su ga 58 842 posjetitelja iz 87 zemalja. Pri tome je, u usporedbi s prethodnom izložbom, zabilježen bitan porast broja inozemnih posjetitelja. Njih 19 535 činilo je 33,2 % ukupnog broja posjetitelja. Od inozemnih, prednjačili su posjetitelji iz Italije, Švicarske, Austrije, Francuske i Nizozemske. Azija je također bila dobro zastupljena, prije svega posjetiteljima iz Japana, Kine, Indije (zemlja partner na *EuroMoldu 2008*) i Južne Koreje.

Na sajmu je bila zastupljena i Hrvatska, štandom u organizaciji *Hrvatske gospodarske komore* (slika 1) na kojem se predstavilo nekoliko hrvatskih proizvodnih tvrtki, mahom članica novoosnovanog *Centra proizvodnog strojarstva i alatničarstva RH*.



SLIKA 1 - Izložbeni prostor HGK na sajmu *EuroMold 2008* (Foto: D. Godec)

Prema strukturi, najviše je posjetitelja došlo iz automobilske industrije (21 %), zatim slijede projektanti (17,3 %), pa električna i elektronička industrija (6,3 %), područje strojogradnje (5 %), medicina (4,9 %) i zrakoplovstvo (3,8 %).

S obzirom na područja interesa posjetitelja, mogu se svrstati u nekoliko kategorija: izrada kalupa i alata (15,7 %), izrada pramodela i prototipova (8,3 %), strojarstvo (8,1 %), razvoj/konstruiranje (6,1 %), obradni alati (5,8 %), alatni strojevi (5,5 %), materijali (5,5 %), računalni programi i računalne komponente (5,3 %) te brza proizvodnja tvorevina (5,2 %).

Osim sajma uspjeh su zabilježili i brojni popratni događaji. To se prije svega odnosi na konferencije održane u razdoblju od 3. do 6. prosinca 2008. Vrlo je dobro bila posjećena konferencija *Mold- and Toolmaking Synergy Symposium Russia*. Najvažnija međunarodna konferencija, koja nastoji odgovoriti na mnoga pitanja glede budućnosti tržišta brze proizvodnje tvorevina, a koju već desetu godinu zaredom organizira tvrtka *Wohlers Associates Inc.*, svake godine ima sve više sudionika te sve više privlači svjetske stručnjake i znanstvenike. Uz navedene konferencije svakako valja istaknuti i simpozij u organizaciji *Society of Plastics Engineers*, koji je omogućio brojnim sudionicima uvid u najnovija dostignuća i

trendove u polimerstvu, s posebnim naglaskom na automobilsku industriju.

Tijekom sajma dodijeljene su i tradicionalne nagrade (*EuroMold Award*) za uspjehe, dostignuća i prije svega inovativna rješenja i trendove unutar struka obuhvaćenih priredbom. Među ostalim valja istaknuti tvrtku *Hunstman*, koja je dobila zlatnu nagradu za novi inovativni postupak brze proizvodnje tvorevina, premijerno prikazan upravo na priredbi *EuroMold 2008*. Srebrna nagrada dodijeljena je tvrtki *ECMTEC* za njihove strojeve i usluge na području elektrokemijskog mikrogledanja (ECF). Brončanu je nagradu dobila tvrtka *Helmut Diebold GmbH & Co. Goldring Werkzeugfabrik* za inovativni sustav hlađenja obradnih alata *Diebold Coolant Module* (DCM).

Premda je i *EuroMold 2008* bio na tragu više alatničarskih događaja nego prijašnjih godina, izvijestitelji se u svom izvješću usredotočuju na najvažnije, *rapid* događaje i izlagače.

Trodimenzijsko tiskanje (e. 3D Printing, 3DP)

Tvrtka *Z-Corporation* (SAD) (slika 2) predstavila je novu, veću inačicu prethodnog 3D pisača *Z-450*, pisač *Z-650*. Riječ je o 3D pisaču u boji s automatskim uklanjanjem viška praha i komorom za ispuhivanje te s većim radnim prostorom od prijašnjeg modela. Za razliku od *Z-450*, na novom pisaču *Z-650* moguće je rabiti cijelu paletu raspoloživih materijala, pa i prah za ljevačke kalupe.

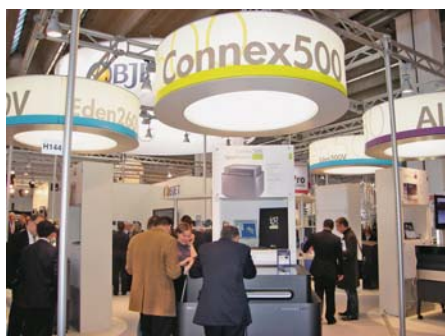


SLIKA 2 - Izložbeni prostor tvrtke *Z-Corporation* (Foto: D. Godec)

Na području 3D pisača nije se mogla zaobići zvijezda prošloga *EuroMolda* – *Connex 500*

* Prilog je nastao u suradnji s časopisom *IRT3000*.

izraelske tvrtke *Objet Geometries* (slika 3). Riječ je o 3D pisaču koji radi prema načelima postupka *PolyJet Matrix™*, koji otvara nova područja postupcima 3D tiskanja. Upravo se s tim pisačem tvrtka *Objet Geometries* probila među vodeće tvrtke koje proizvode opremu za izradu konceptijskih prototipova, a prvi su koji su postupkom *Matrix* omogućili miješanje materijala kojim se postižu ciljana svojstva gotove tvorevine (slika 4). Jedini je nedostatak visoka cijena uređaja u usporedbi s konkurencijom. Općenito je *Objetova* oprema skuplja od ostalih u svojoj klasi, pa su čelni ljudi u tvrtki odlučili razviti uređaj koji će cjenovno biti povoljniji. Stoga je lansiran 3D pisač temeljen na postupku *PolyJet* pod nazivom *Alaris 30*. Riječ je o stolnom 3D pisaču koji je donekle ograničenih mogućnosti. Prije svega, njime se mogu izrađivati tvorevine od samo jedne vrste materijala, a debljina pojedinog sloja tvorevine ne može se mijenjati i ona iznosi 0,032 mm. Upravljački sustav po kojem je i inače tvrtka *Objet* poznata, u ovom je slučaju još jednostavniji.



SLIKA 3 - Connex 500 – 3D pisač tvrtke *Objet Geometries* (Foto: D. Godec)



SLIKA 4 - Prototipne tvorevine načinjene uređajem *Connex 500* (Foto: D. Godec)

Na području 3D pisača većih formata nema bitnih promjena od prošlog sajma. Na tom području suvereno i bez konkurencije vladaju dvije tvrtke: *VoxelJet* (Njemačka) i *ProMetal* (SAD). Uređaji obiju tvrtki rade prema načelima tiskanja kapljičastog veziva na praškasti materijal, jednako kao što to rade i pisači tvrtke *Z-Corporation*. Razlika je samo u primjeni načinjenih prototipova, tj. u vrsti uporabljenih materijala. U slučaju tvrtke *VoxelJet* izrađuju se tvorevine od PMMA (slika 5), a u slučaju tvrtke *Pro-*

Metal (slika 6) tvorevine su načinjene od lijevačkog pijeska s furanskom smolom kao vezivom. Radni prostor najvećeg *VoxelJetova* pisača *VX800* je $850 \times 450 \times 500$ mm, što znači da se njime mogu načiniti vrlo velike polimerne tvorevine u jednom dijelu. *ProMetalov* uređaj *S15* omogućuje izradu tvorevina veličine $1\,500 \times 750 \times 700$ mm. Uglavnom je riječ o pješčanim modelima i jezgrama za lijevačke kalupe. Uz to, tvrtka *ProMetal* proizvodi i pisače namijenjene zlatarstvu, zubnoj tehnici i alatničarstvu. Nedostatak je tog postupka dvofaznost. U prvoj se fazi proizvodi tzv. *zelenac* (e. *green part*), a nakon toga je potrebno u dodatnoj toplinskoj obradi infiltrirati metal nižeg tališta od građivnog materijala kako bi se dobila tvorevina visoke gustoće i visokih mehaničkih svojstava.

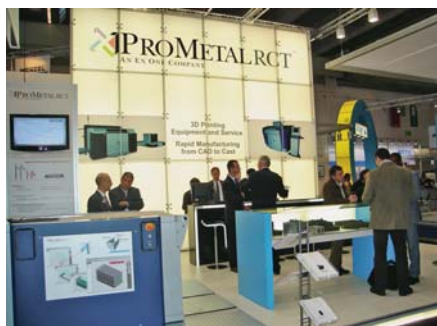


a)



b)

SLIKA 5 - *VoxelJet*: a) *VX500*, b) radna komora s PMMA (Foto: I. Drstvenšek)



SLIKA 6 - Izložbeni prostor tvrtke *ProMetal* (Foto: D. Godec)

Taložno srašćivanje (e. *Fused Deposition Modeling, FDM*)

Vječni paradoks generativnih postupaka brze proizvodnje tvorevina su uređaji *Di-*

mension (slika 7) tvrtke *Stratasys* (SAD), koji se vrlo često pogrešno stavljaju u kontekst trodimenzijskih pisača. Naime, postupak uopće ne slič 3D tiskanju; mnogo je sličniji ekstrudiranju. Već godinama tvrtka zauzima najveći udio na tržištu (oko 44 % svih prodanih uređaja u svijetu je tipa *Dimension*). Iako je riječ o jednome od najspornijih postupaka izrade prototipova, a troškovi pri tome rastu linearno s porastom volumena prototipa, zbog vrlo jednostavnog rukovanja i vrlo prihvatljive cijene (najjeftiniji sustavi mogu se nabaviti već za 20 000 USD) upravo ti uređaji privlače najveću pozornost većine kupaca opreme.



SLIKA 7 - Uređaj *Dimension* tvrtke *Stratasys* (Foto: D. Godec)

Na području malo sofisticiranijih sustava *Stratasys* je nadgradio uređaje koji su 2007. bili iznenađenje sajma. Riječ je o nadogradnji sustava *FDM 900MC* (slika 8) i *400MC*, s novim, manjim inačicama *FDM 200MC* i *FDM 360MC*. Serijom uređaja *MC* *Stratasys* je prekinuo proizvodnju sustava *Maxum* i *Titan*. Novom serijom *MC* obuhvaćen je širok raspon primjene prije svega zbog velikog broja raspoloživih materijala za izradu tvorevina: od različitih polisulfona do standardnih ABS, PC i ABS/PC, u različitim bojama. Tvrtka *Stratasys* također je najavila novu seriju stolnih uređaja nazvanu *uPrint*.



SLIKA 8 - Uređaj *FDM 900MC* – gigant koji zaslužuje naziv 'žobradni centar' (Foto: I. Drstvenšek)

Stereolitografija (e. *Stereolithography, SL/SLA*)

Njemačka tvrtka *Envisiontec* u posljednje je tri godine ostvarila pravi proboj sa svojim proizvodima na području stereolitografije.

Na *EuroMoldu* 2007 premijerno su prikazali seriju uređaja nazvanu *Perfactory Xede* (slika 9), kojom su ušli u domenu proizvodnje većih prototipnih tvorevina. Sada su učvrstili svoj položaj na području proizvodnje tvorevina od fotopolimera. Posebnost postupka koji se primjenjuje pri sustavima tvrtke *Envisiontec* je proizvodnja tvorevina od fotopolimera, no za očvršćivanje se ne rabi laserska zraka, već UV svjetlo. Time je omogućeno očvršćivanje cijelog sloja tvorevine odjedanput, a ne selektivno kao pri klasičnoj stereolitografiji. Uz već spomenuti sustav *Xede*, tvrtka već godinama razvija manje sustave koji su idealni za proizvodnju manjih tvorevina kao što su nakit, slušni aparatići, pomagala za zubnu tehniku i slično. Može se zaključiti kako su na tim područjima njihovi proizvodi vrhunski. Dodatno, u suradnji s tvrtkom *Materialise* počeli su proizvoditi i tvorevine s metalnim prevlakama, čime se dodatno poboljšavaju površinska svojstva tvorevina.



SLIKA 9 - Uređaj *Perfactory Xede* (Foto: D. Godec)

Tvrtka *Huntsman Advanced Materials* (SAD) premijerno je na *EuroMoldu* prikazala svoj novi uređaj za proizvodnju prototipova nazvan *Araldite®Digitalis* (slika 10). Uređaj je bio svojevrсна zvijezda sajma, a tvrtka je za njega dobila i nagradu *EuroMold Award 2008* za najinovativniji proizvod predstavljen na sajmu (slika 11). Postupak se temelji na djelovanju mikroelektromehaničkog sustava (MEMS), a usporediv je sa stereolitografijom. Riječ je u načelu o slojevitom očvršćivanju fotoosjetljivog polimera, no za očvršćivanje se ne rabi lasersko očvršćivanje ni izvor UV svjetla. Srce novog uređaja je sustav mikrosvjetlosnih prekidača (e. *MicroLightSwitch®*, MLS). To je novi sustav za ozračivanje koji s pomoću računalom upravljanog sustava mikromehaničkih prekidača selektivno ozračuje veće površine umrežive smole u jednom koraku. Sam sustav podsjeća na mehanizam fotoaparata, gdje se otvara i zatvara zaklopka koja propušta svjetlost. U ovome slučaju riječ je o mikrozaklopkama, kojih u cijeloj glavi ima 40 000. Svjetlost do zaklopki dolazi putem staklenih vlakana u optičkim kabelima. Nova oprema omogućuje bitno skraćivanje vremena proizvodnje tvorevina u usporedbi s, primjerice, stereolitografijom, čime se

snižavaju proizvodni troškovi. Dodatno se ostvaruje visoka preciznost pravljenja tvorevina jer je kut pod kojim dolazi svjetlost na građivni materijal uvijek 90°, što jamči ujednačeno ozračivanje po cijeloj površini. Laserskim je sustavima to gotovo nemoguće postići. Novi bi sustav u komercijalnu primjenu trebao ići ove godine.

Vrlo je znakovito da novi sustav nije razvijen kod nekoga od postojećih RP/RM ponuđača, već u tvrtki koja se do sada uglavnom bavila razvojem polimernih materijala. Očito je tvrtka *Huntsman* prepoznala važnu tržišnu nišu, što je dobar pokazatelj napretka za to područje, ali i alarm za tvrtke na RP/RM tržištu koje po svom poslovnom opsegu nisu ni blizu tvrtkama kao što su *Huntsman*, *BASF* ili *DuPont*. Ako se u to tržište uključi još neka od tvrtki prema *Huntsmanovu* modelu, moglo bi biti vrlo zanimljivo.



SLIKA 10 - Premijera *Huntsmanova Araldite®Digitalis* (Foto: D. Godec)



SLIKA 11 - *EuroMold Award 2008*

Kada je riječ o stereolitografiji, valja također spomenuti novosti u programu tvrtke *3D Systems* (SAD). Na sajmu su predstavili novu seriju uređaja *iPro™ SLA® Center*. U tom segmentu najprije je lansirana serija većih centara *iPro™ 9000* i *9000 XL SLA®* (omogućuju pravljenje tvorevina duljine i do 1,5 metara), a na sajmu je predstavljena serija manjih, kompaktnijih uređaja *iPro™ 8000* i *8000 MP SLA®* (slika 12).

Uz novi uređaj, tvrtka *3D Systems* na sajmu je prikazala i novi materijal namijenjen stereolitografskom postupku koji ima izvrsnu prozirnost. Riječ je o materijalu *Accura® ClearVue™ Plastic* (slika 13), čija su svojstva između dvaju najčešće rabljenih plastomera: *ABS*-a i *PP*-a. Očekuje se povećana primjena tog materijala u automobilske industriji te za različite optičke elemente.

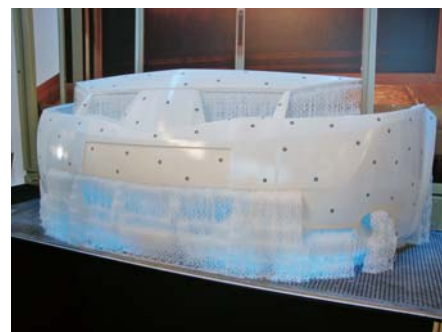


SLIKA 12 - *iPro™ SLA® Center* (Foto: D. Godec)



SLIKA 13 - Novi SL materijal *Accura® ClearVue™ Plastic*

Pozornost izvijestitelja privukao je i izložbeni prostor tvrtke *Materialise* (Belgija), odnosno tvorevina načinjena postupkom stereolitografije *Mammoth*. Riječ je o postupku koji omogućuje pravljenje vrlo velikih tvorevina, većih od dva metra iz jednog dijela. Kada se proizvode takve tvorevine u kapljevito okruženju, poseban je zahtjev optimalno riješiti potporne konstrukcije (slika 14).



SLIKA 14 - *Mammoth* stereolitografija na djelu – automobilske odbojnik (Foto: D. Godec)

Izrada voštanih tvorevina

Tvrtka *3D Systems* neposredno prije sajma *EuroMold* predstavila je novosti u svom programu za pravljenje voštanih tvorevina. Prije svega riječ je o novoj generaciji 3D pisača koji rabe vosak, serije *ProJet™*, *CP 3000* i *CPX 3000*. Oba uređaja djeluju prema načelima višezlaznog oblikovanja (e. *Multi-Jet Modeling*, MJM), a njima se izrađuju uglavnom pramodeli za ljevačke kalupe.

Tvrtka *Solidscape* (SAD) najpoznatija je upravo po izradi manjih, stolnih uređaja

za proizvodnju voštanih tvorevina. Tvrtka je predstavila paletu uređaja oznaka D76, R66, T612 *Benchtop* i T76. Tvorevine načinjene tim uređajima mogu se primijeniti u industriji, draguljarstvu, medicini, zubnoj tehnici te za pravljenje igračaka.

Selektivno lasersko srašćivanje (e. *Selective Laser Sintering, SLS*)

Tvrtka EOS (Njemačka) stavila je težište na e-proizvodnju (e. *e-Manufacturing*). Pri tome je naglasak na poboljšanju kvalitete i učinkovitosti sustava za selektivno lasersko srašćivanje (SLS). Kao rezultat tih nastojanja razvijeni su sustavi EOS IQMS (e. *Integrated Quality Management System*) i OLPC (e. *Online Laser Power Control*), koji omogućuju upravljanje procesom, kvalitetom tvorevina i sljedljivošću unutar procesa na potpuno novoj razini. Prvi je put prikazan uređaj EOSINT P 800 (slika 15), prvi sustav za lasersko srašćivanje koji radi pri visokim temperaturama te omogućuje pravljenje tvorevina od visokoučinskih polimera. Tvrtka EOS razvila je jedan takav polimer, PEEK HP3, rastezne čvrstoće iznad 95 MPa i modula rasteznosti i 4 400 MPa, što je dvostruko više od do sada raspoloživih poliamida PA 12 i PA 11. Temperaturni raspon uporabe materijala PEEK HP3 iznosi 180 do 260 °C, što je ustvari temperatura prerade većine plastomera. Takva svojstva idealna su za specifične primjene gdje se očekuje postojanost na vatru, biokompatibilnost i sposobnost sterilizacije (slika 16). Sustav EOSINT P 800 može raditi pri temperaturama od 385 °C, pri kojima dolazi do srašćivanja čestica PEEK HP3.



SLIKA 15 - Novi uređaj EOSINT P 800 (Foto: I. Drstvenšek)



SLIKA 16 - Tvorevina načinjena od PEEK HP3 (Foto: D. Godec)

Na području sustava za izradu metalnih tvorevina EOS je predstavio sustav za transport i prosićivanje neiskorištenoga metalnog praha za sustave EOSINT M, koji se rabi za sljedeći proces izrade. EOS je na *EuroMoldu* prikazao i uređaj za izradu metalnih tvorevina EOSINT M 270 te FORMIGA P100, najmanji u seriji uređaja za izradu polimernih tvorevina selektivnim laserskim srašćivanjem.

Tvrtka 3D Systems također je prikazala novi uređaj za selektivno lasersko srašćivanje *sPro™ SLS® Center* (slika 17). Riječ je o novoj generaciji sustava za lasersko srašćivanje polimernih materijala te izradu prototipova i gotovih proizvoda (najčešće od poliamida).



SLIKA 17 - Novi centar za lasersko srašćivanje *sPro™ SLS® Center* (Foto: D. Godec)

Brza izrada metalnih tvorevina

Pri pravljenju gotovih metalnih proizvoda moguće je ukratko ustvrditi kako je najviše napretka u posljednje vrijeme postignuto na području novih materijala, koji proširuju područja primjene svih postupaka slojevite gradnje tvorevina. Zanimljivo je što se gotovo sav razvoj na tom području zbiva u Europi. Iz SAD-a dolazi jedino postupak taloženja metala – LENS (tvrtka *Optomec*), a i taj postupak izvijestitelji ocjenjuju kao vrlo poželjan u laboratorijskim uvjetima, no nezreo za ostale primjene. Tvrtka 3D Systems također je posustala na tom području. Od preuzimanja postupka IMLS od tvrtke DTM nema željenih rezultata. Prije nekoliko godina napustili su svoj program srašćivanja metala te se orijentirali na selektivno lasersko taljenje (e. *Selective Laser Melting, SLM*). Ni u tom slučaju, međutim, nije riječ o njihovom razvoju, već o preuzimanju tuđeg postupka, odnosno opreme – MCP *Realizer* (slika 18), koju je izvorno razvila tvrtka *Fockele & Schwarze*, a preuzela je tvrtka MCP. I tvrtka MCP je tijekom 2008. doživjela korjenite promjene, pa se na tržištu pojavila tvrtka s novim imenom MTT (Velika Britanija).

Najviše inovativnosti unatrag nekoliko godina pokazuje tvrtka *Concept Laser* (Njemačka) sa svojim postupkom *Laser Cusing* (pripada skupini SLM postupaka, slika 19).



SLIKA 18 - SLM *Realizer 100* tvrtke MTT (Foto: D. Godec)



SLIKA 19 - Uređaj tvrtke *Concept Laser* za postupak *Laser Cusing*

Tvrtke EOS i MCP, odnosno po novome MTT, ostaju na provjerenim platformama, a svoja istraživanja usmjeravaju na razvoj novih materijala. Osim razvoja na području novih materijala, zanimljiva su i nova programska rješenja za područja potpornih struktura (koja pridržavaju pojedine segmente geometrije tvorevine pri slojevitoj gradnji), što je posebice osjetljivo pitanje kada je riječ o vrlo malenim tvorevinama. Područje optimalnog temperiranja (e. *Conformal Cooling*) stalno se razvija (slika 20). Stječe se dojam, međutim, kako alatničarstvo nije previše zainteresirano za takvu vrstu razvoja, osim iznimaka kada je riječ o serijama koje premašuju stotine milijuna proizvoda i kada se optimalnim temperiranjem mogu ostvariti veće uštede. Svi proizvođači opreme nastoje posebice naći primjenu na području medicine. Trenutačno se najviše očekuje od zubarstva (slika 21), gdje su prednosti SLM postupaka već dokazane. Kod proizvođača opreme pri tome se javljaju dva zanimljiva trenda. Jedni nastoje tržište osvojiti namjenskim, smanjenim uređajima (MTT i *Phenix Systems*, Francuska), a drugi ustraju na klasičnim uređajima (EOS i *Concept Laser*). Smanjene inačice uređaja malo su jeftinije, no ne omogućuju visoku proizvodnost kao veliki uređaji. No veliki uređaji opravdani su samo za dovoljno velika tržišta.



SLIKA 20 - Rješenja za optimalno temperiranje tvrtke Concept Laser (Foto: D. Godec)



a)



b)

SLIKA 21 - EOS na području zubne tehnike: a) uređaj EOSINT M270, b) proizvodnja pri izradi zubnih krunica (Foto: D. Godec)

Tvrtka Arcam (Švedska) i dalje je jedina koja za djelovanje svojih uređaja rabi energiju elektronskog snopa (e. *Electron Beam Melting*, EBM). Energija elektronskog snopa goleme je u usporedbi s laserskom energijom; riječ je o snagama reda veličine oko 4 kW, dok uobičajeni jači laseri mogu ostvariti snage reda veličine 200 W. Moguće je ostvariti i veće snage (primjerice MTT nudi lasere snage 400 W), no tada u pitanje dolazi kvaliteta zrake i s time povezana točnost lasera. Preciznost izrade također je jedna od većih teškoća pri uporabi Arcamovih uređaja, a valja spomenuti i veliku hrapavost. Tijekom 2008. došli su do zanimljivog rješenja nazvanog *MultiBeam* (slika 22). Iz

imena bi se moglo zaključiti kako je riječ o uređaju s više snopova elektrona, no u stvarnosti je riječ o programskom rješenju. To rješenje omogućuje podjelu osnovnog snopa elektrona u nekoliko manjih kojima se može upravljati kao i osnovnim. To znači da je na jednome mjestu sada bitno manja koncentracija energije, a ostvareno je i brže skeniranje površine sloja tvorevine. Time Arcamovi uređaji ostaju i dalje najproduktivniji na tržištu, a uglavnom se rabe za medicinu i aeronautiku.



a)



b)

SLIKA 22 - Arcam: a) uređaj *MultiBeam*, b) serijski načinjeni medicinski usadci (Foto: I. Drstvenšek)

CAD programska oprema

Na području CAD opreme može se primijetiti nekoliko pomaka koje je potaknula prije svega oštra konkurencija. A nije riječ samo o općem snižavanju cijena, već prije svega o specijalizaciji programskih paketa. Tako je na tržištu moguće naći cijeli niz namjenskih programa za oblikovanje nakita, zubnih proteza i slično, a njihove cijene ne iznose ni 10 % cijena koje su na tržištu CAD programa bile prije samo godinu ili dvije. Uz to je vrlo bitan podatak kako školovanje korisnika traje maksimalno jedan dan, pod uvjetom da je korisnik već stručnjak na nekom području (draguljar, zubni tehničar i slično (slika 23)). Zanimljivo je i ujedinjavanje matematičkih

platformi za podršku grafičkih sučelja. Tako praktički svi nude volumenske i plošne modele u istom sučelju, kao i međusobno povezivanje različitih geometrijskih elemenata. Tvrtka Delcam (Velika Britanija) predstavila je novo rješenje nazvano *Tribrid Modelling*, koje osim već navedenoga omogućuje i povezivanje geometrije s oblacima točaka ili trianguliranim površinama. Time postaje jasno kako unutražno inženjerstvo i 3D skeniranje više nisu novost i da su tvrtke koje razvijaju računalne programe već dobro upoznate s potrebama modeliranja za RP/RM.



SLIKA 23 - Prsten, sat, zub; nema kompromisa, samo namjenska oprema (Foto: I. Drstvenšek)

Zaključak

Mogućnosti koje pružaju generativni postupci postaju sve očitiije i sve brže prodiru i u konvencionalna (tradicijski okrenuta) okruženja. Još postoji određen otpor primjene tih postupaka, prije svega zbog nepoznavanja postupaka i vrlo često, kao posljedica toga, njihove nepravilne uporabe. Nedvojbeno je, međutim, kako je nova, u prvom redu alatnička revolucija već počela. Ona se događa na dva područja, koja su donedavno bila gotovo potpuno odvojena. Riječ je o informacijskim tehnikama i proizvodnim tehnikama koje se temelje na gradnji tvorevina u slojevima. Udružene, te dvije tehnike nude potpuno nove poslovne mogućnosti. Danas se generativnim slojevitim postupcima mogu načiniti gotovo sve moguće polimerne tvorevine, dijelove letjelica, zubne proteze, namještaj, bilo što, a ograničenje je jedino mašta. Nadalje, za tu proizvodnju nisu potrebni veliki proizvodni pogoni i velik broj zaposlenih. Dovoljna je studentska soba ili garaža, internetski priključak i dobra ideja. A ljudi su puni ideja...

O stanju i trendovima na području brze proizvodnje tvorevina zainteresirani čitatelji mogu čitati u sljedećem broju *Polimera*, u kojem će biti objavljen sažet izvještaj *Wohlers Report 2008*.

Igor DRSTVENŠEK i Damir GODEC